

Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 92/2020

Ohjeita kosteusindeksikarttojen käyttöön metsätaloudessa

Aura Salmivaara, Leena Finér, Eeva-Liisa Jorri, Antti Leinonen,
Jari Ala-Ilomäki ja Harri Lindeman

Ohjeita kosteusindeksikarttojen käyttöön metsätaloudessa

Aura Salmivaara, Leena Finér, Eeva-Liisa Jorri, Antti Leinonen,
Jari Ala-Ilomäki ja Harri Lindeman



WAMBAF Tool Box

Viittausohje:

Salmivaara, A., Finér, L., Jorri, E.-L., Leinonen, A, Ala-Ilomäki, J, & Lindeman, H. 2020 Ohjeita kosteusindeksikarttojen käyttöön metsätaloudessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 92/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 29 s.

Leena Finér, ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0001-7623-9374>



ISBN 978-952-380-100-4 (Painettu)

ISBN 978-952-380-101-1 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-101-1>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Aura Salmivaara, Leena Finér, Eeva-Liisa Jorri, Antti Leinonen, Jari Ala-Ilomäki ja Harri Lindeman

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Aura Salmivaara, DTW-kartta Maanmittauslaitoksen ilmakuvan ja Suomen metsäkeskuksen tuottaman kuviorajauksen päällä

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

Tiivistelmä

Aura Salmivaara¹, Leena Finér¹, Eeva-Liisa Jorri², Antti Leinonen³, Jari Ala-Ilomäki¹ ja Harri Lindeman¹

¹Luonnonvarakeskus

²Metsähallitus

³Suomen metsäkeskus

Kosteusindeksikartat osoittavat kosteiden alueiden sijainnin purojen, norojen, lampien ja järvien läheisyydessä. Maaperän kosteus mallinnetaan pääosin laskemalla maaperän topografian perusteella kosteusindeksejä. Eri kosteusindeksit tuottavat tarkkuudeltaan erilaisia karttoja, mutta niiden kaikkien avulla on tunnistettavissa huomattavasti enemmän noroja kuin perinteisiltä kartoilta. Nämä ohjeet havainnollistavat, kuinka ympäristötekijöitä voidaan ottaa paremmin huomioon metsätaloudessa kosteusindeksikarttojen avulla. Ohjeet on tuotettu metsäsuunnittelijoiden, koneenkuljettajien, metsänomistajien sekä metsä- ja ympäristöviranomaisten käyttöön.

Asiasanat: kartta, kosteusindeksi, noro, pohjavesi, DTW, metsätalouden vesistövaikutukset, puunkorjuu, suunnittelu, suojavyöhykkeet

Summary in English

Wet area maps indicate the location of wet areas adjacent to streams and lakes. Soil wetness is modelled primarily using topographic data. Different models result in maps that differ in accuracy, but they all include a much larger proportion of the watercourses than conventional maps, in particular smaller streams with adjacent wet areas. This guide illustrates how wet area maps can be used for practical forestry in Finland to improve environmental planning. This guide is intended for forestry planners, contractors, machine operators, private forest owners, and forestry and authority employees. This guide is modified to Finnish conditions from the publication "A guide to using wet area maps in forestry" by Ring et al. (2020).

Alkusanat

Näissä ohjeissa havainnollistetaan, kuinka ympäristötekijöitä voidaan ottaa paremmin huomioon metsätaloudessa kosteusindeksikarttojen avulla. Ohjeet on tuotettu metsäsuunnittelijoiden, koneenkuljettajien, metsänomistajien sekä metsä- ja ympäristöviranomaisten käyttöön. Ohjeet perustuvat kosteusindeksikarttojen käytöstä Ruotsissa ja Suomessa saatuihin kokemuksiin, tieteellisiin tutkimuksiin, raportteihin ja asiantuntijalausuntoihin. Ohjeiden loppuun on listattu viitteitä, joista saa lisätietoja.

Ennen kuin ohjeeseen esitettyjä toimenpiteitä toteutetaan, on varmistettava, että ne noudattavat kansallisia lakeja, säädöksiä ja metsäsertifiointistandardeja.

Tämä ohje on tuotettu EU:n Interreg Itämeriohjelman rahoittamassa WAMBAF Tool Box -projektissa, jota toteutettiin 1.8.2019–31.1.2021.

Ohjeet ilmestyivät alun perin englanniksi nimellä ”A guide to using wet area maps in forestry” (Ring ym. 2020) ja nämä ohjeet ovat sen pohjalta muokanneet Aura Salmivara, Leena Finér, Eeva-Liisa Jorri, Antti Leinonen, Jari Ala-Ilomäki ja Harri Lindeman.

Syyskuu 2020

Kirjoittajat

Sisällys

1. Hyödyllinen työkalu käytännön metsätalouteen	6
2. Kymmenen esimerkkiä kosteusindeksikarttojen käytöstä metsätaloudessa.....	11
3. Kosteusindeksikarttojen käyttö suunnittelussa ja toteutuksessa.....	18
3.1. Puunkorjuu – harvennukset ja uudistamishakkuut	18
3.2. Ajouraverkoston suunnittelu uudistamishakkuualueelle	19
3.3. Metsänuudistaminen.....	21
3.4. Taimikon harvennus.....	22
3.5. Metsäautotiet	23
3.6. Lannoitus.....	24
4. Kosteusindeksikarttojen rajoitteet.....	25
5. Metsäammattilaisten kokemuksia kosteusindeksikarttojen käytöstä	26
6. Kosteusindeksikarttojen saatavuus Suomessa	28
Viitteet ja lisätietoja.....	29

1. Hyödyllinen työkalu käytännön metsätalouteen

Metsät peittävät yli 70 % Suomen pinta-alasta ja ne rajoittuvat lukuisiin vesistöihin ja pienvesiin. Metsätalous on tärkeä elinkeino, mutta samalla vesistöjä ja pienvesiä on suojeltava metsätalouden haitallisilta vaikutuksilta. Näitä haitallisia vaikutuksia voidaan ehkäistä tai pienentää suunnittelemalla toimenpiteet huolellisesti (kuva 1).

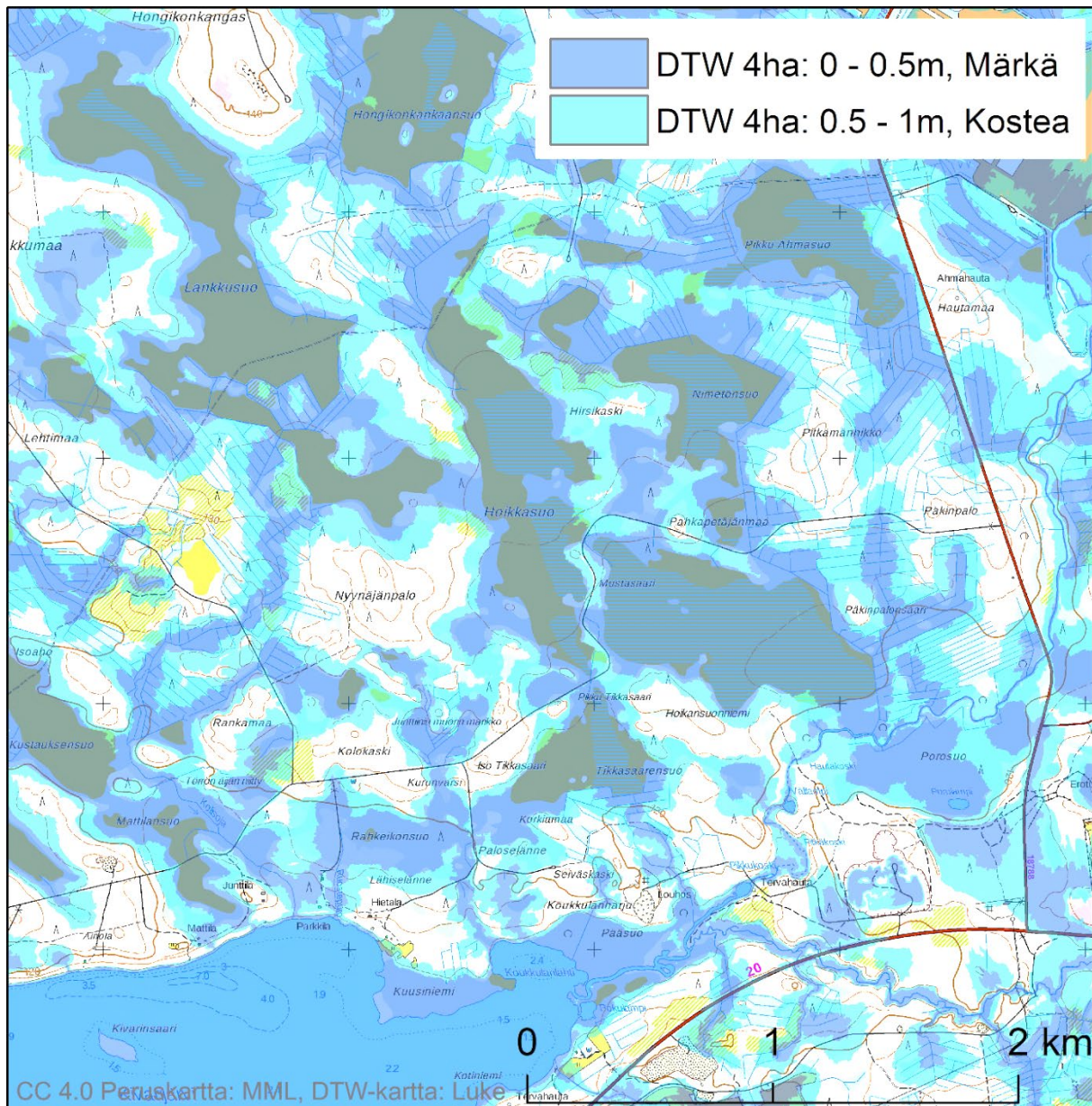
Viime vuosikymmenten tekninen kehitys on johtanut siihen, että isoja tietomääriä on mahdollista kerätä ja käsitellä tehokkaasti. Sen seurauksena myös karttoja voidaan tuottaa uusilla menetelmillä. Maanpinta on kaikkialla Suomessa laserkeilattu. Lentokoneesta keilatun pistepilven avulla on tuotettu maaston tarkka korkeusmalli, josta voidaan tunnistaa ilmakuvissa piiloon jääviä ja peruskartoilta usein puuttuvia pieniä maaston piirteitä kuten uomia, ojia ja teitä jopa latvuserroksen alta.

Kosteusindeksikartat ovat verrattain uusia karttoja, jotka näyttävät pienvesien ja vesistöjen läheisyydessä sijaitsevat kosteat alueet. Ne näyttävät myös peruskartoilta usein puuttuvien norojen sijainnin. Kosteat alueet vaikuttavat veden laatuun. Kosteusindeksikarttojen on osoitettu olevan hyödyllisiä vesiensuojelussa, monimuotoisuuden turvaamisessa sekä metsäoperaatioiden suunnittelussa.

Kosteusindeksikarttoja on monenlaisia ja yksi niistä on etäisyys-pohjaveteen-kartta (englanniksi: depth-to-water) eli DTW-kartta. DTW-karttoja on Ruotsissa käytetty metsätaloudessa vuodesta 2014, ja ne on tuotettu mallintamalla maanpinnan etäisyys oletettuun pohjaveden pintaan. Ruotsissa, Suomessa, Latviassa ja Puolassa on kehitteillä koneoppimisen menetelmin tuotettavia kosteusindeksikarttoja (englanniksi: MLWAM, ”Wet Area Mapping by Machine Learning”), joissa yhdistellään useita eri karttatasoja. Kaikki nämä kartat osoittavat pienvesien ja vesistöjen läheisyydessä sijaitsevat kosteat alueet, mutta niiden tarkkuus vaihtelee. Tällä hetkellä DTW-karttoja on Itämeren alueella operatiivisessa käytössä Suomessa ja Ruotsissa.



Kuva 1. Erityisesti lähteiden, norojen ja metsäpurojen suojelu on tärkeää, koska metsätalous vaikuttaa niihin usein voimakkaammin kuin isompiin jokiin ja järviin. Metsäkoneiden aiheuttamat urapainumat norojen ja purojen läheisyydessä voivat merkittävästi lisätä vesieliöstölle haitallisen kiintoaineen kulkeutumista veteen. Valokuva Luke / E. Oksanen.



Kuva 2. DTW-kartta näyttää kosteat alueet jokien, järvien ja suoalueiden läheisyydessä. Mitä tummempi on sininen, sitä suurempi on maaperän kosteus. Kuvassa Aura Salmivaaran Lukessa tuottama avoin DTW-kosteusindeksikartta on esitetty Maanmittauslaitoksen (MML) tuottaman peruskartan päällä.

DTW-indeksin eri arvot eli maaperän eri kosteustasot esitetään kosteusindeksikartoissa sinisen eri sävyin. Tummansinisillä alueilla pohjaveden oletetaan olevan enintään muutaman desimetrin syvyydellä maanpinnasta (DTW-indeksin arvo alle 0,5 m), jolloin maaperä on märkä (kuva 2). Vaalean sininen väri osoittaa alueet, joissa pohjaveden pinnan oletetaan olevan noin metrin syvyydellä (DTW-indeksin arvo 0,5–1,0 m), jolloin maaperä on kostea. Järvet sisältyvät kosteusindeksikarttojen merkkiin alueisiin ja ne voidaan erottaa erilleen muista lähteistä saatavan tiedon avulla sekä indeksin arvon (0 m) avulla. Monet pienet kosteusindeksikartoilta erottuvat norot puuttuvat peruskartoilta.

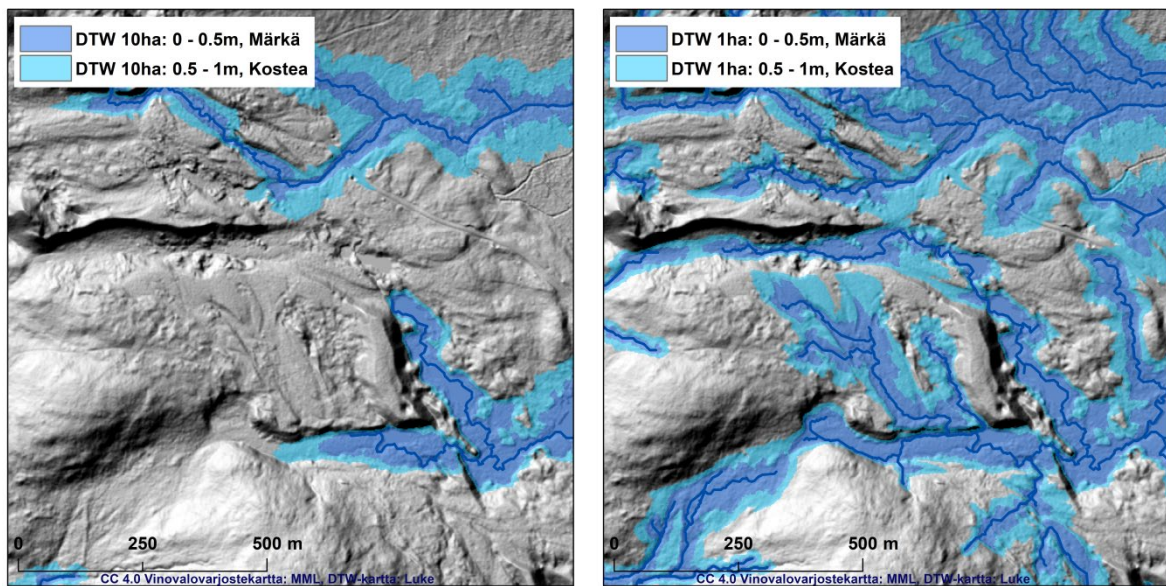
Suomessa DTW-kartat on laskettu Maanmittauslaitoksen 2 m korkeusmallin perusteella määritettyjen uomaverkostojen pohjalta. Korkeusmallia on esikäsitelty, jotta veden katkeamaton virtaus esimerkiksi tierummuissa teiden ali on saatu varmistettua (ks. esimerkki kuvassa 26). Uomaverkostoja on luotu neljällä eri kynnysarvolla, jotka edustavat erilaisia hydrologisia olosuhteita. Ne poikkeavat maastotietokannasta saatavasta uomaverkostosta ja sisältävät sellaisiakin noroja ja puroja, jotka ovat aktiivisia vain osan aikaa vuodesta tai ovat jääneet kartoittamatta jostakin muusta syystä. Kynnysarvo määrittää alueen, jolle satava vesi riittää synnyttämään maanpinnassa näkyvän vesiuoman. Kynnysarvo määrittää siis tarkemmin sen mistä maastonkohdasta uoma alkaa, eli missä pintavettä kerääntyy riittävästi ja pohjaveden pinta nousee maanpinnan tasoon ja vesi alkaa virrata ja muodostaa noron.

0,5 ha kynnysarvo edustaa erittäin mörkiä olosuhteita. DTW-kartta 1 ha kynnysarvolla edustaa kosteita olosuhteita, kun taas 4 ha kynnysarvo kuvaa kuivaa ajanjaksoa. DTW-kartta 10 ha kynnysarvolla edustaa edellistä vielä kuivempia olosuhteita. Yleisimmin käytössä ovat 4 ha ja 1 ha DTW-kartat.

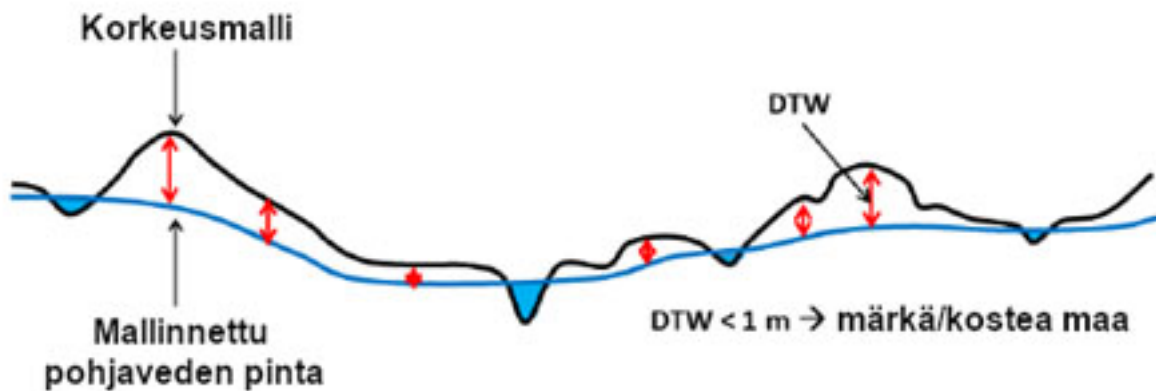
4 ha kynnysarvo ei välttämättä edusta kuivia olosuhteita kaikkialla Suomessa, vaan maalajin, topografian ja sääolojen vaikutuksesta jokin muu kynnysarvo voi olla parempi kuvaamaan olosuhteita. DTW:n laskennassa ei oteta huomioon maalajitietoa tai toteutuneita sääolosuhteita mikä tuo epävarmuutta DTW-karttoihin. Eri kynnysarvoilla tuotettuja DTW-karttoja voi kuitenkin hyödyntää tunnistamaan ne alueet, joissa säätilan vaihtelu aiheuttaa eniten muutoksia (kuva 3). Kuvassa 3 näkyvät siniset alueet ovat niitä, joissa maaperävaurioiden ehkäisyyn ja lähivesien suojeluun tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Joissakin tilanteissa, esimerkiksi maalajista johtuen voi olla tarpeen suojella laajempaa aluetta. Kartat tuottavat siis arvokasta informaatiota, mutta maastokäynnit ovat silti tarpeellisia.

Uomaverkoston määrittämisen jälkeen (kuva 3), pohjaveden pinnan taso mallinnetaan tarkasteltavalle alueelle (kuva 4). Sen jälkeen lasketaan pohjaveden pinnan etäisyys maanpinnasta metreissä. Lähellä maanpintaa oleva pohjaveden pinta lisää maaperän kosteutta ja syvemmällä oleva pohjaveden pinta vähentää sitä.

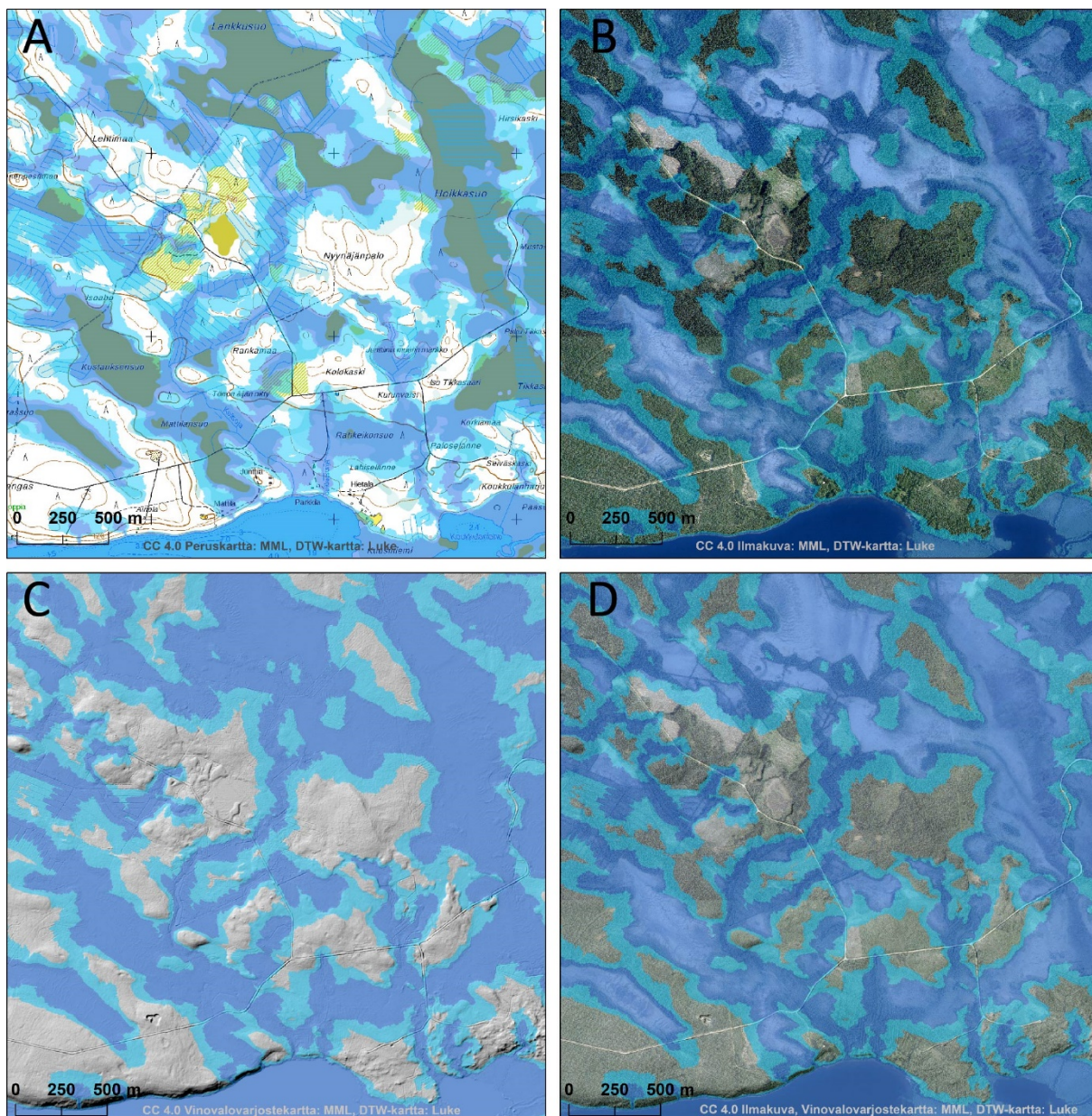
Erilaisilta digitaalisilta kartoilta saatava informaatio on helposti yhdistettävissä esimerkiksi muuttamalla karttatasojen läpinäkyvyyden astetta (kuva 5A–D). Eri karttatasoja voidaan lisätä ja poistaa.



Kuva 3. Kaksi eri kynnyksarvolla luotua uomaverkostoa ja niiden pohjalta tuotettua DTW-karttaa. Vasemmalla olevassa kartassa on käytetty 10 ha kynnyksarvoa, joka vastaa usein peruskartan uomaverkostoa. Oikealla olevassa kartassa on käytetty 1 ha kynnyksarvoa ja siinä näkyvät myös pienet norot, jotka puuttuvat peruskartoilta. Vettä virtaa huomattavasti enemmän oikeanpuoleisessa tilanteessa, jossa uomaverkosto on tiheämpi. Kuvat A. Salmivaara.



Kuva 4. Pohjaveden pinta mallinnetaan perustuen tietyn kynnyksarvon määrittämään uomaverkostoon, jossa on mukana myös norot. Maanpinnan etäisyys lasketaan lähimmän uomapisteen määrittämään pohjavesipintaan ja näin saadaan DTW-indeksin arvo. Kuva muokattu julkaisusta Ring ym. 2020.



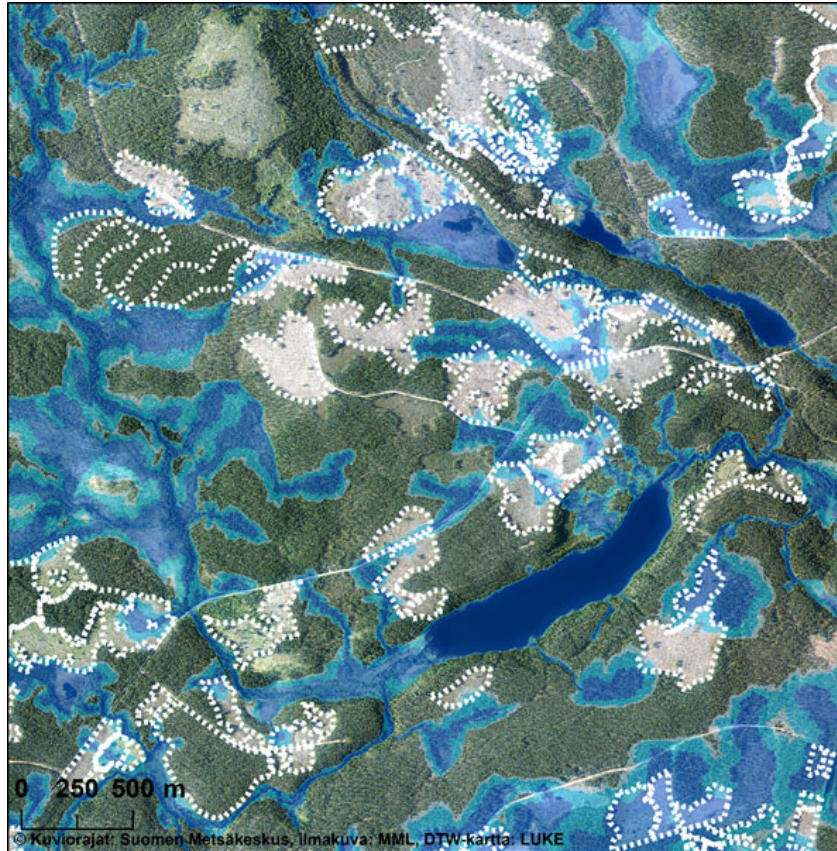
Kuva 5. Osakuvissa A–D Kosteusindeksikartan erilaisia esitysmahdollisuuksia. Karttatasoja voi yhdistellä tai katsella yksi kerrallaan tarpeen mukaan. A) Kosteusindeksikartta yhdistettynä peruskarttaan, B) kosteusindeksikartta yhdistettynä ilmapokuvaan, C) kosteusindeksikartta yhdistettynä vinovalovarjostekarttaan, joka on määritetty korkeusmallista, D) kosteusindeksikartta yhdistettynä läpikuultavaan ilmapokuvaan ja rinnevarjostekarttaan. Kuvat A. Salmivaara.

2. Kymmenen esimerkkiä kosteusindeksikarttojen käytöstä metsätaloudessa

Kosteusindeksikarttoja voidaan käyttää suunniteltaessa tai toteutettaessa metsätaloustoimenpiteitä pienvesien ja vesistöjen läheisyydessä. Ilmaston muuttuessa maan ennakoitua olevan roudassa entistä lyhemmän ajan, jolloin kosteusindeksikartat ovat erityisen hyödyllisiä. Ne auttavat välttämään haitallisia maaperä- ja vesistövaikutuksia sekä kalliita työn keskeytyksiä. Kosteusindeksikarttoja voidaan käyttää esimerkiksi:

1. Yleiskuvan muodostamiseen kohteen uomaverkostosta
2. Norojen tunnistamiseen
3. Ajouraverkoston suunnitteluun
4. Norojen ja purojen ylityspaikkojen suunnitteluun
5. Puunkorjuussa suunniteltaessa hakkuutähteen keruuta ja käyttöä maaperän suojaamiseen
6. Suojavyöhykkeiden rajaamiseen pienvesien ja vesistöjen varsille
7. Kasvillisuuden monimuotoisuuden tunnistamiseen norojen ja purojen läheisyydessä
8. Suojavyöhykkeiden rajaukseen lannoitusten ja maanmuokkausten yhteydessä
9. Norojen ja purojen tahattomien ja haitallisten ylitysten välttämiseen
10. Mätästyskohteiden tunnistamiseen

Esimerkkejä 1–10 havainnollistetaan kuvissa 6–15.



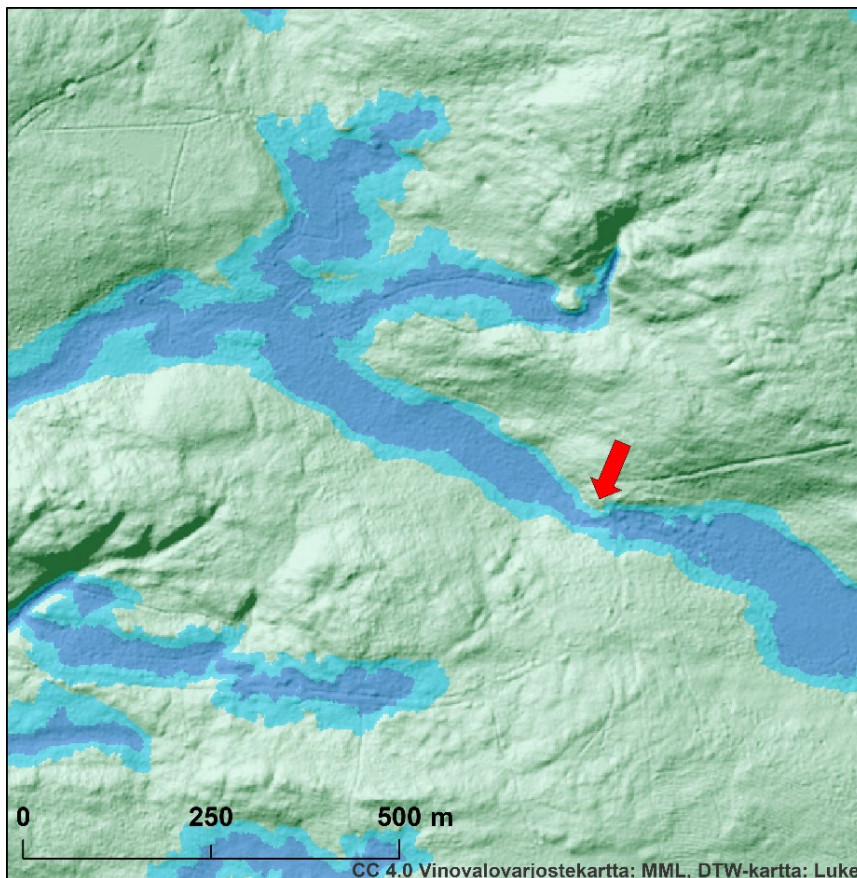
Kuva 6. Yleiskuva uomaverkostosta – Esimerkki 1. Kosteusindeksikartta, joka näyttää yleiskuvan vesistöistä (tumminimet siniset alueet) ja uomaverkostosta (tummansiniset alueet). Kartasta voi nähdä myös uomaverkoston suhteen toteutettuihin uudistamishakkuualueisiin (pisteviivalla rajatut vaaleat alueet) ja suunniteltuihin (pisteviivalla rajatut tummanvihreät puustoiset alueet) toimenpidealueisiin. Tietoa uomaverkostosta voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi toimenpidekuvioita rajattaessa. Kuva A. Salmivaara.



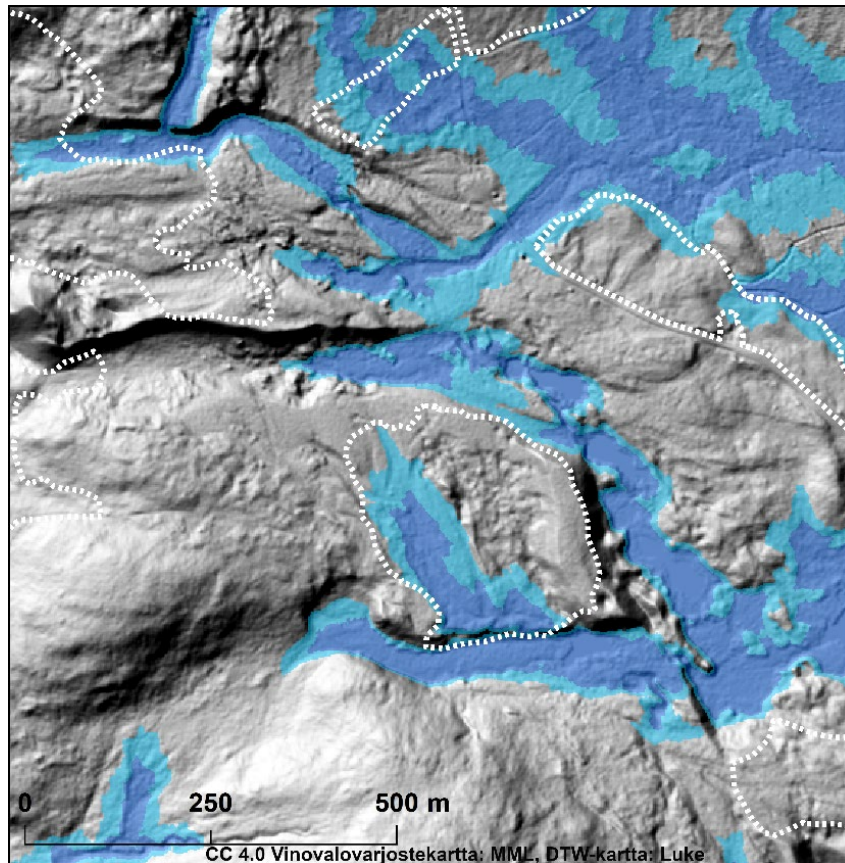
Kuva 7. Norojen tunnistaminen – Esimerkki 2. Kosteusindeksikartat osoittavat norojen sijainnin. Norot puuttuvat usein peruskartoilta. Sijaintitieto on välttämätön, jotta metsäkoneet voivat välttää niiden ylityksiä tai jos halutaan muodostaa ekologisesti hyvin toimivia suojavyöhykkeitä. Valokuva Luke / E. Oksanen.



Kuva 8. Ajouraverkoston suunnittelu – Esimerkki 3. Ajouraverkoston ennakkosuunnittelu voidaan tehdä toimistolla kosteusindeksikarttojen avulla. Puutavaran metsäkuljetuksessa tulisi välttää märkiä, kosteusindeksikartan osoittamia tummansinisiä alueita urapainumien välttämiseksi. Ennakkosuunniteltu ajouraverkosto tarkastetaan maastossa ja siihen tehdään muutoksia tarpeen mukaan. Koneilla liikkuminen kuvassa näkyvällä sammalen peittämällä alueella voi aiheuttaa urapainumia, joista vesi voi kuljettaa kiintoainetta puroon. Valokuva E. Ring.



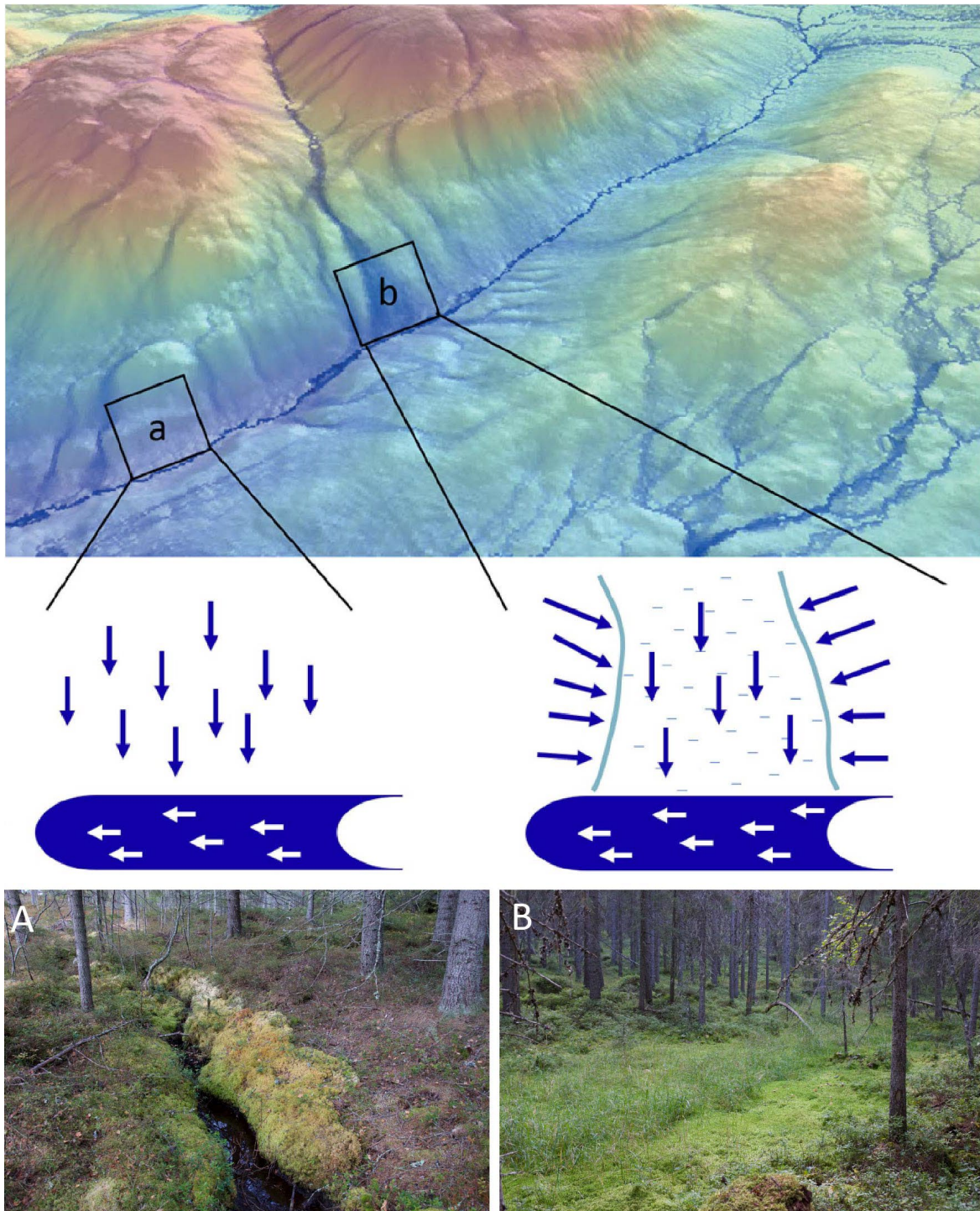
Kuva 9. Norojen ja purojen ylityspaikkojen suunnittelu – Esimerkki 4. Mikäli noron tai puron ylitystä ei voida välttää, potentiaaliset ylityspaikat voidaan tunnistaa kosteusindeksikartoilta jo toimistolla. Potentiaalisia ylityspaikkoja ovat ne, joissa märkä vyöhyke uoman läheisyydessä on kapea. Ylityspaikan soveltuvuus varmistetaan maastossa ja tarvittaessa sitä muutetaan ennen uoman ylitystä. Uomien ylityspaikkaa valitessa tulee ottaa huomioon myös maaston kulkukelpoisuus erityisesti rinnekaltevuuden osalta. Kuva A. Salmivaara.



Kuva 10. Maaperän suojaamiseen tarkoitetun hakkuutähteen keruun ja käytön suunnittelu – Esimerkki 5. Kosteusindeksikarttojen avulla voidaan tunnistaa ne alueet, joilla hakkuutähteitä tarvitaan maaperän suojaamiseksi urapainumilta. Kosteusindeksikartoilta voidaan tunnistaa myös kuvassa harmaan sävyillä näkyvät kuivemmat alueet, joista hakkuutähteet voidaan korjata aiheuttamatta maaperävaurioita. Kosteiden alueiden laajuuden muutos sääolojen mukaan muuttaa tarvetta suojata maaperää hakkuutähteen avulla, ja se on otettava huomioon toimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Kuva A. Salmivaara.



Kuva 11. Suojavyöhykkeiden rajaaminen pienvesien ja vesistöjen varsille – Esimerkki 6. Herkästi vaurioituvia alueita suojeltaessa kosteusindeksikarttoja voidaan käyttää apuna vaihtelevan levyisien suojavyöhykkeiden suunnitteluun. Suojavyöhykkeitä rajatessa on otettava huomioon myös muita tekijöitä kuten esimerkiksi varjostuksen tarve sekä lehtikarikkeen ja lahopuun saatavuus. Valokuva Luke / E. Oksanen.



Kuva 12. Kasvillisuuden monimuotoisuuden tunnistaminen norojen ja purojen varsilla – Esimerkki 7. Pohjavesi purkautuu usein purouomaan kuten esimerkissä A. Joissakin tapauksissa pohjavesi purkautuu maanpintaan lähellä purouomaa kuten esimerkissä B. Borealisissa havumetsissä näissä pohjaveden purkautumispisteissä on monimuotoinen ja runsas kasvilajisto. Usein niissä on myös ravinteikkaampi maaperä, joka vaikuttaa puroveden laatuun. Kosteusindeksikartat voivat auttaa näiden pohjaveden purkautumispisteiden tunnistamisessa. Purkautumispisteet tulee jättää suojavyöhykkeiden sisään eikä niitä pidä ylittää metsäkoneilla. Kaaviokuva muokattu Laudon ym. (2016) julkaisusta. Korkeusmalli, grid 2+ ©The Swedish mapping, cadastral and land registration authority. Virtausmalli © Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences. Valokuvat E. Ring.



Kuva 13. Suojavyöhykkeen suojeluun lannoitusten ja maanmuokkausten yhteydessä – Esimerkki 8. Kosteusindeksikartat voivat auttaa tunnistamaan pienvesien ja vesistöjen varsilta ne kriittiset kohdat, joihin ei tule levittää lannoitteita tai joita ei pidä muokata. On muistettava, että uomaverkosto muuttuu sääolojen mukaan. Kosteusindeksikarttoja voi tuottaa eri kynnyksisarvoilla, mikä auttaa tunnistamaan märkien ja kuivien olosuhteiden vaihtelun vaikutuksen uomaverkostoon (katso kuva 3). Valokuva E. Ring.



Kuva 14. Norojen ja purojen tahattomien ja haitallisten ylitysten välttäminen – Esimerkki 9. Tahattomien ja haitallisten norojen ja purojen ylitykset voidaan välttää, jos niiden sijainti tiedetään. Ilman kosteusindeksikarttaa norojen ja purojen havaitseminen voi olla vaikeaa, kun puunkorjuuta tehdään pimeään aikaan (kuva vasemmalla) tai maa on lumen peitossa (kuva oikealla). Valokuvat vasen Jari Ala-Ilomäki ja oikea Luke / E. Oksanen.



Kuva 15. Mätästyskohteiden tunnistaminen – Esimerkki 10. Ojitusmätästys voi olla tarpeen, jos kosteusindeksikartta osoittaa, että suurin osa uudistettavasta alueesta on märkää. Valokuva Luke / E. Oksanen.

3. Kosteusindeksikarttojen käyttö suunnittelussa ja toteutuksessa

Kosteusindeksikartat toimivat metsätaloustoimenpiteiden suunnittelun apuvälineenä sekä toimistolla että maastossa. Niistä on hyötyä myös toimenpiteitä toteutettaessa. Kartat ovat hyödyllisiä erityisesti silloin, kun koneen sijaintitieto saadaan kartalle reaaliaikaisesti (kuva 16). Reaaliaikainen sijaintitieto kertoo kuljettajalle koneen sijainnin suhteessa kartan märkeihin ja kosteisiin alueisiin. Kosteusindeksikartat helpottavat suunnittelua ja toimenpiteiden toteutusta myös silloin, kun maa on lumen peittämä tai puunkorjuuta tehdään pimeään aikaan.

Toimistossa kosteusindeksikartan perusteella tehdyn ennakkosuunnittelun jälkeen on tehtävä maastotarkastus, jonka yhteydessä tarkennetaan rajojen, suunniteltujen ajourien, uomien ylitysten, suoja-vyöhykkeiden yms. sijainti.

3.1. Puunkorjuu – harvennukset ja uudistamishakkuut

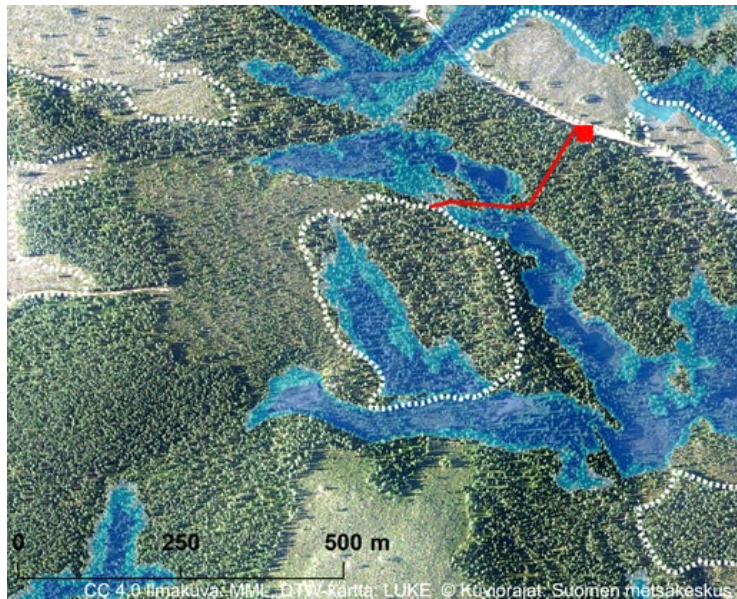
Kosteusindeksikartat helpottavat ajouraverkoston, varastopaikkojen, uomien ylitysten ja maaperän suojelun suunnittelua (kuvat 17–21). Kosteusindeksikartat voivat olla hyödyllisiä myös monimuotoisuuden suojelussa esimerkiksi suojavyöhykkeitä rajattaessa.

Harvennushakkuiden suunnittelu on vaikeampaa kuin uudistamishakkuiden suunnittelu, koska harvennushakkuissa ajourat on suunniteltava tietyin välimatkoin. Kosteusindeksikarttoja voi käyttää harvennusten suunnittelussa potentiaalisten ongelmakohtien tunnistamiseen ja niiden huomioimiseen ennakolta.

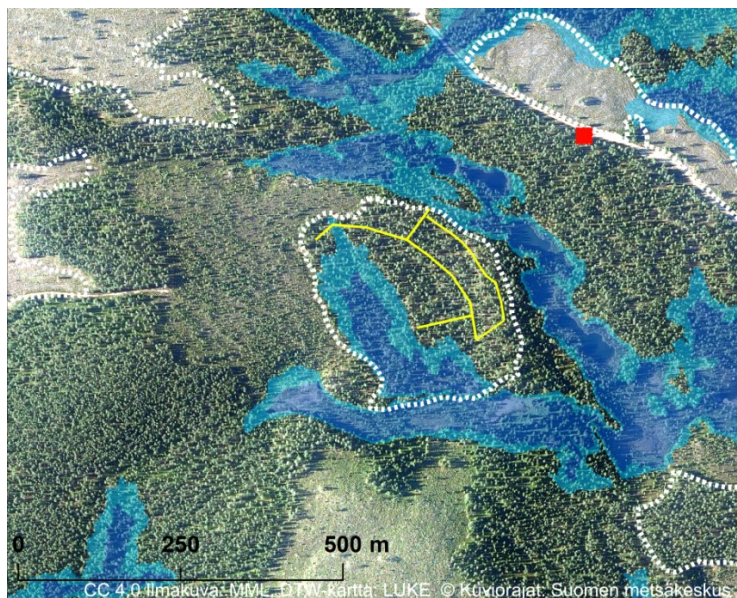


Kuva 16. Koneen reaaliaikainen sijaintitieto kosteusindeksikartalla helpottaa kuljettajaa välttämään liikkumista kosteilla alueilla. Valokuva Luke / E. Oksanen.

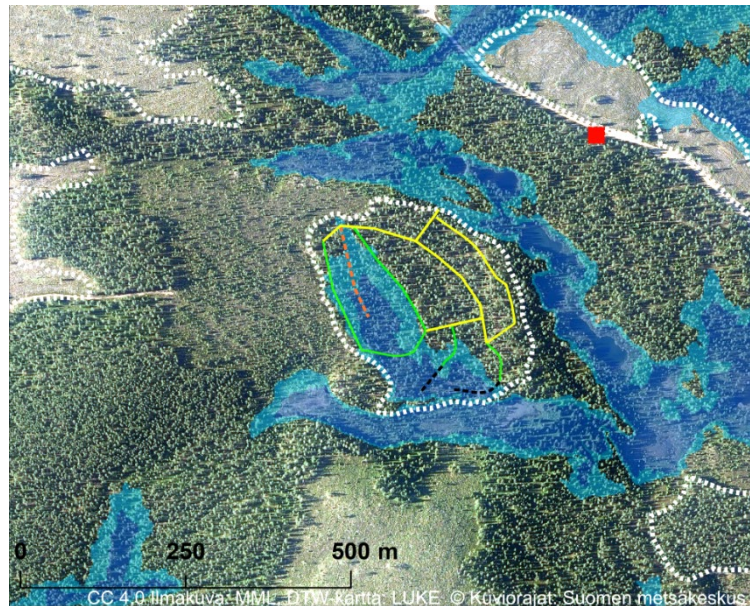
3.2. Ajouraverkoston suunnittelu uudistamishakkuualueelle



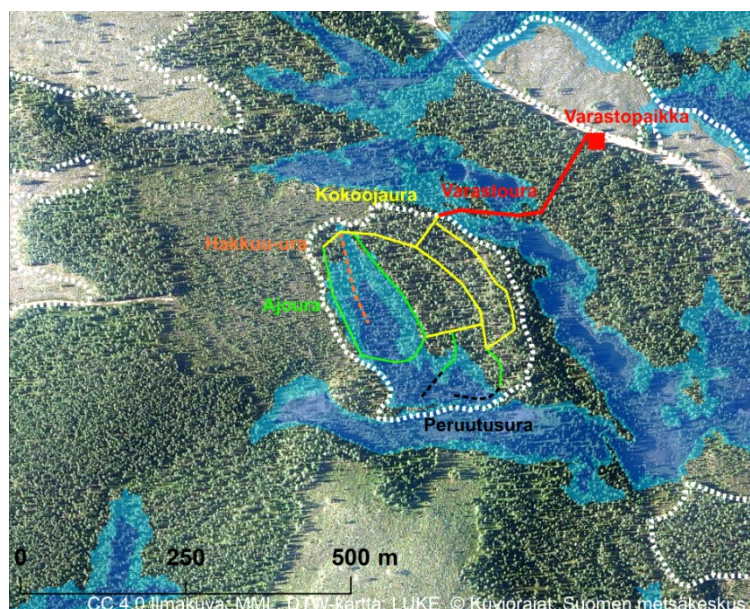
Kuva 17. Varastoura hakkuualueelta varastopaikalle. Puutavara on kuljetettava hakkuualueelta varastopaikalle (punainen neliö) ja märkä alue on pakko ylittää. Sopiva ylityspaikka voidaan löytää sieltä missä kostea alue on kapea ja rinne ei ole jyrkkä (punainen viiva). Kuljetusetäisyys ja topografia tulee myös huomioida, sillä reitin on oltava lyhyin ja maasto-oloiltaan riittävän hyvä. Olosuhteet tarkastetaan maastossa ja reittiä muutetaan tarpeen mukaan. Mikäli puutavaran kertymä on suuri tai varastouran kantavuus heikko, niin varastouran kuormitusta voidaan jakaa usealle varastouralle joko samaan tai eri varastopaikkoihin. Ajouraverkostoluonnokset on esitetty Luken tuottamien 4 ha:n ja 1 ha:n DTW-karttojen, Maanmittauslaitoksen ilmakuvan ja Suomen metsäkeskuksen tuottaman kuviorajauksen päällä. Kuva A. Salmivaara.



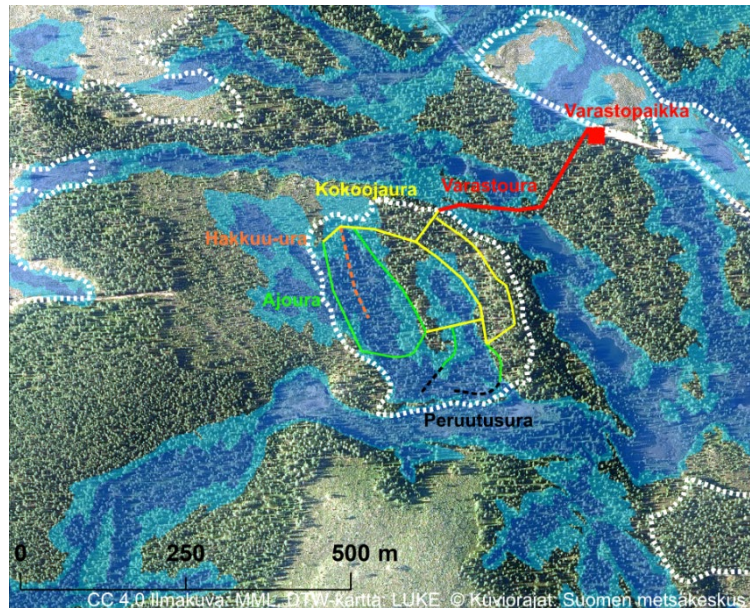
Kuva 18. Kokoojauraverkosto hakkuualueella. Hakkuualueen kokoojauraverkoston suunnittelussa otetaan huomioon puutavaran määrä ja sen puutavaralajijakauma. Kaikkien kokoojaurien tulee kestää tarvittavat ajokerrat ilman liiallisia urapainumia (keltaiset viivat). Kokoojaurat sijoitetaan märkien alueiden ulkopuolelle niin suurelta osin kuin se on mahdollista ja uria vahvistetaan hakkuutähteillä. Olosuhteet otetaan huomioon korjuun aikana. Ajoreittiä muutetaan ja maaperään suojaamista lisätään tarpeen mukaan. Ajouraverkostoluonnokset on esitetty Luken tuottamien 4 ha:n ja 1 ha:n DTW-karttojen, Maanmittauslaitoksen ilmakuvan ja Suomen metsäkeskuksen tuottaman kuviorajauksen päällä. Kuva A. Salmivaara.



Kuva 19. Ajo-urat, hakkuu-urat ja peruutusurat. Ajourat (vihreät viivat) ja hakkuu-urat (oranssi katkoviiva) suunnitellaan useimmiten maastossa perustuen kokoojauraverkostoon ja maaston ennakkotarkastukseen. Hakkuutähteitä käytetään kaikissa märissä (tummansinisissä) kohdissa ja kaikkialla missä on tarve kantavuuden parantamiseen. Kapeilla kosteikkojuoteilla ajouraa käyttää vain hakkuukone, joka kaataa puut märältä alueelta pois päin. Ajokone voi siten kuljettaa puutavaran pois tulematta märimmille alueille. Ajokone voi vähentää maaperävaurioita myös peruuttamalla tyhjänä herkille alueille (musta katkoviiva), aloittamalla kuormauksen vasta uran päästä ja välttämällä ajamista täydellä kuormalla. Kuorman voi täyttää kohteen kantavammilta ajourilta matkalla varastopaikalle. Ajouraverkostoluonnokset on esitetty Luken tuottamien 4 ha:n ja 1 ha:n DTW-karttojen, Maanmittauslaitoksen ilmakuva- ja Suomen metsäkeskuksen tuottaman kuviorajauksen päällä. Kuva A. Salmivaara.



Kuva 20. 4 ha kynnyksarvolla lasketun DTW-kartan mukaan suunniteltu ajouraverkosto. Ajouraverkosto-luonnokset on esitetty Luken tuottamien 4 ha:n ja 1 ha:n DTW-karttojen, Maanmittauslaitoksen ilmakuva- ja Suomen metsäkeskuksen tuottaman kuviorajauksen päällä. Kuva A. Salmivaara.



Kuva 21. 1 ha kynnysarvolla lasketun DTW-kartan mukaan suunniteltu ajouraverkosto. Sääolot voivat nopeasti vaikeuttaa korjuuolosuhteita ja uuteen tilanteeseen tulee sopeutua. Ajouraverkostoluonnokset on esitetty Luken tuottamien 4 ha:n ja 1 ha:n DTW-karttojen, Maanmittauslaitoksen ilmakuva- ja Suomen metsäkeskuksen tuottaman kuviorajauksen päällä. Kuva A. Salmivaara.

3.3. Metsänuudistaminen

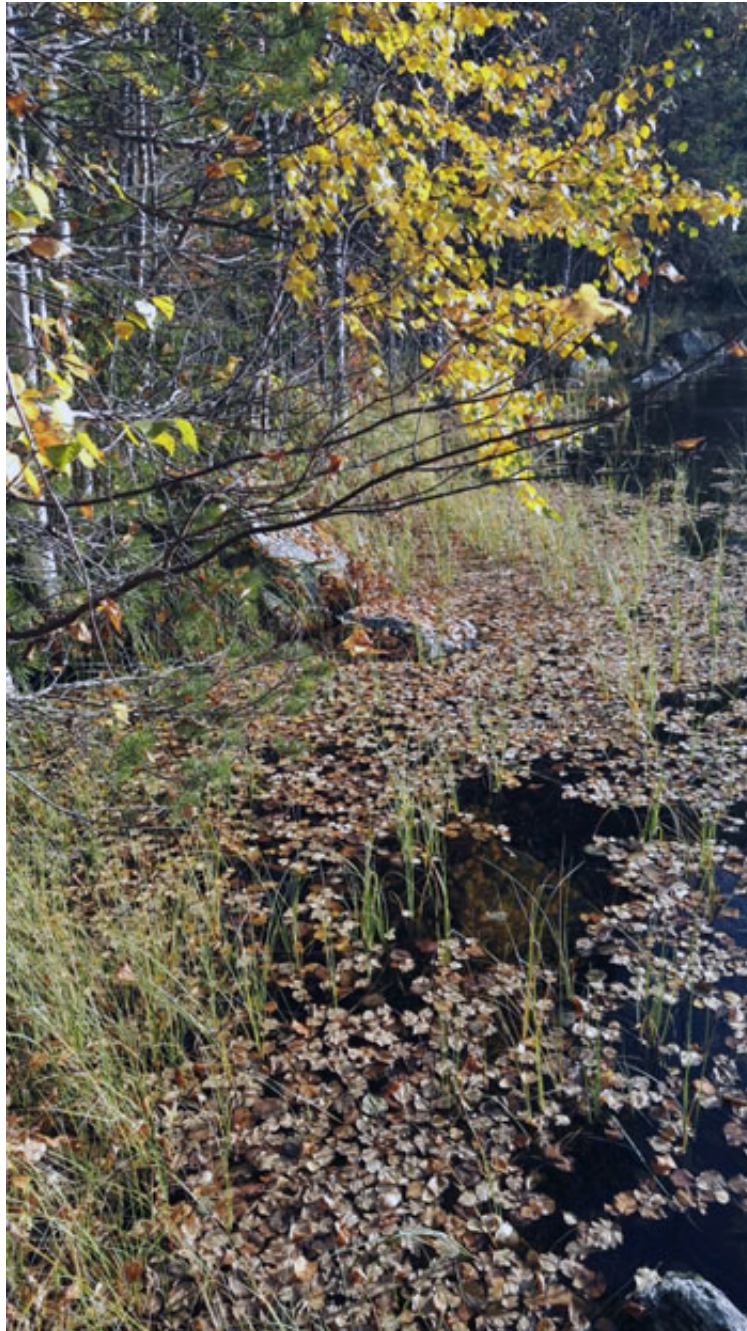
Tilanteissa, joissa suojavyöhyke on jätetty rajaamatta avohakkuun yhteydessä, on löydettävä keinoja, joilla vesistövaikutuksia voidaan pienentää (kuva 22). Kosteusindeksikartan avulla voidaan tunnistaa märät alueet. Tällaisia alueita voi olla esimerkiksi pienvesien varsilla (kuva 22). Ne jätetään muokkaamatta eikä niihin istuteta havupuiden taimia. Näin suositetaan luontaisesti syntyviä lehtipuita ja lisätään monimuotoisuutta. Lehtipuuvaltaiset alueet ovat myös hyviä lähtökohtia tuleville suojavyöhykkeille.



Kuva 22. Pintavesiä voidaan suojella kiintoainekuormituksen haitoilta välttämällä maanmuokkausta ja liikku- mista vesien läheisillä kosteusindeksikartoissa erottuvilla märillä alueilla. Myös havupuiden istuttamista tulisi välttää pienvesien ja vesistöjen varsilla oleville märille alueille. Havupuiden sijasta kannattaa suosia lehtipuustoa, sillä se on hyväksi vesieliöstölle. Valokuva E. Ring.

3.4. Taimikon harvennus

Lehtipuut uudistuvat helposti märillä alueilla. Runsaan lehtipuuston säilyttäminen märillä alueilla voi olla aiheellista erityisesti pienvesien ja vesistöjen läheisyydessä (kuva 23). Kosteusindeksikarttoja voi käyttää näiden alueiden löytämiseen. Lehtikarike on parempilaatuista ravintoa vesieliöstölle kuin neulaskarike.



Kuva 23. Kosteusindeksikarttoja voi käyttää pienvesien ja vesistöjen varsilla olevien märkien alueiden löytämiseen. Niihin on hyödyllistä jättää runsaammin lehtipuustoa. Valokuva L. Finér.

3.5. Metsäautotiet

Kosteusindeksikarttoja voi käyttää sopivien tielinjojen löytämiseen. Karttojen avulla voi välttää kosteat alueet ja tarpeettomat uomien ylitykset (kuva 24). Teiden rakentaminen ja tieojat lisäävät eroosioriskiä ja siten myös vesistöjen kiintoainekuormitusta. Tieojia ei tule johtaa suoraan vesistöihin, mikä tulee ottaa huomioon tielinjoja suunniteltaessa. Suunnittelussa voi käyttää apuna kosteusindeksikarttoja, joista erottuvat alueen pintavedet ja uomaverkostot. Kosteusindeksikartat voivat olla hyödyllisiä myös määritettäessä tierumpujen paikkoja.



Kuva 24. Metsätien rakentaminen voi olla tarpeen, jos puutavaraa on kuljetettava useammalta läheiseltä metsikkökuviolta. Alustavan tielinjauksen voi tehdä kosteusindeksikarttojen avulla. Valokuva Luke / E. Oksanen.

3.6. Lannoitus

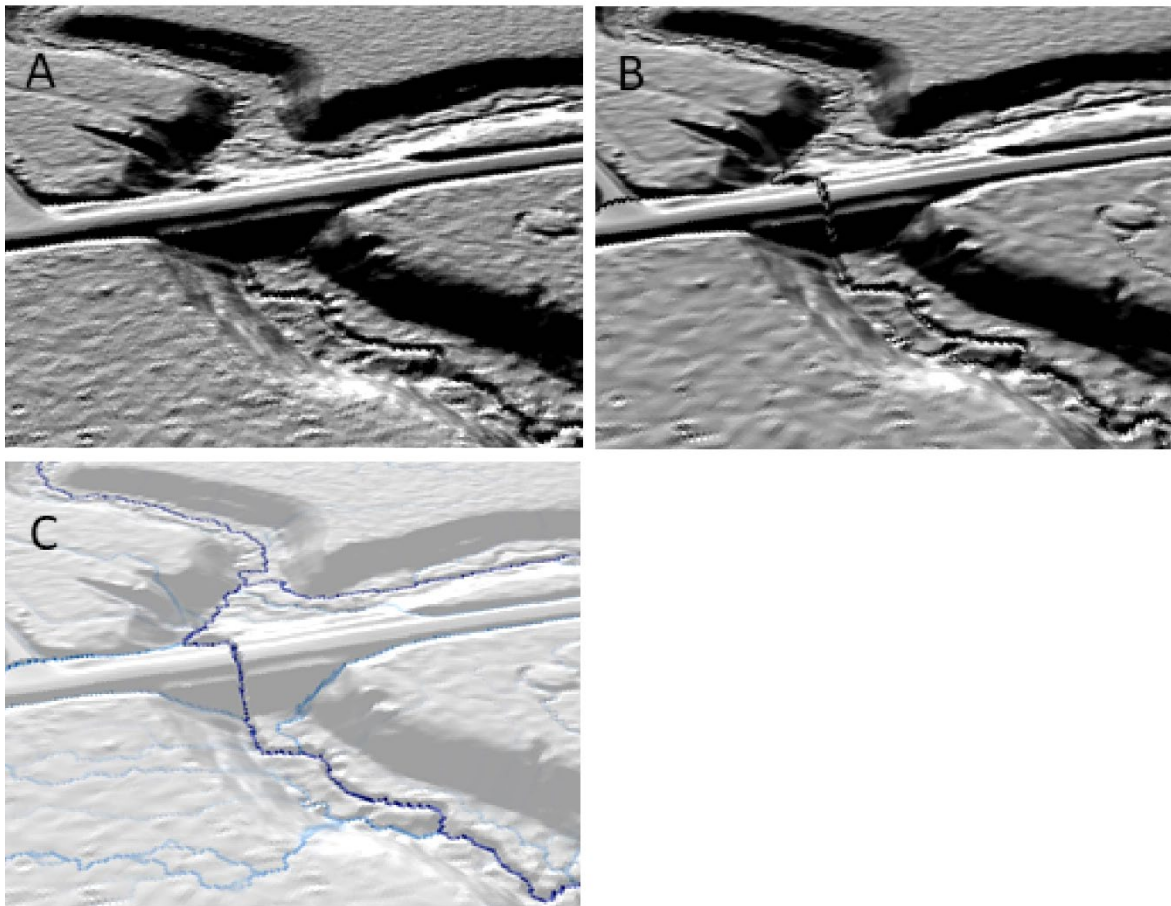
Lannoitteita ei tule levittää ojiin, pienvesiin ja vesistöihin, eikä myöskään alueille, jotka ovat suorassa yhteydessä näihin pintavesiin (kuva 25). Kosteusindeksikarttoja voi käyttää tunnistettaessa niitä alueita, joille ei tule levittää lannoitteita. Lisäksi on otettava huomioon metsälannoitusta koskevat metsänhoitosuositukset ja metsäsertifiointin standardit. Levityskoneen reaaliaikainen sijaintitieto kosteusindeksikartalla helpottaa kuljettajaa levittämään lannoitteet suunnitelluille kohteille.



Kuva 25. Helikopteri levittää lannoitetta kuusikkoon. Valokuva Luke / E. Oksanen.

4. Kosteusindeksikarttojen rajoitteet

Vaikka digitaaliset kosteusindeksikartat ovat peruskarttoja tarkempia, ne eivät ole täydellisiä kuvauksia todellisuudesta. Virheitä esiintyy usein teiden läheisyydessä. Korkeusmallissa, tiet toimivat kuin keino-tekoiset padot vaikka todellisuudessa vesi virtaa tien ali rummun läpi tai sillan ali. Tämä kartoitusongelma voidaan ratkaista muokkaamalla korkeusmallia automaattisesti paikkatieto-ohjelmien algoritmien avulla (kuva 26). Vaikka tämä toimii useimmissa tapauksissa, lopputulos voi joissakin kohteissa jäädä puutteelliseksi, koska kaikkien siltojen ja rumpujen sijaintia ei tunneta tai tunnistaa automaattisesti oikein. Siksi kosteusindeksikartat voivat olla virheellisiä teiden varsilla.



Kuva 26. Esikäsittelyllä korkeusmalli, vesi saadaan vapaasti virtaamaan digitoidulla alueella. Tiet ovat yleensä koholla ympäröivästä maastosta ja voivat siten virheellisesti toimia patoina. Tässä esimerkissä ”kaiverrusta” käytettiin, jotta puro saatiin jatkamaan virtausta tien ali. A) Korkeusmallissa tie toimii kuten keino-tekoinen pato, B) käsittelyllä korkeusmalli automaattisella toiminnolla, jota kutsutaan kaivertamiseksi, mallinnettu vesivirta voidaan reitittää tien ali, C) kaivertamisen jälkeen vesivirta ei pysähdy tien kohdalla, vaan se jatkaa virtaamista reitillään. Korkeusmalli, grid 2+ ©The Swedish mapping, cadastral and land registration authority. Virtausmalli ©Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences. Kuva A. Ågren.

5. Metsäammattilaisten kokemuksia kosteusindeksikarttojen käytöstä

Ruotsissa ja Suomessa kosteusindeksikarttoja on käytetty metsätaloudessa jo jonkin aikaa. Jakaaksemme metsäammattilaisten kokemuksia kosteusindeksikarttojen käytöstä, haastattelimme kahdeksaa metsäammattilaista vuosina 2019 ja 2020. Ammatillaiset työskentelivät metsäalan yrittäjinä, suunnittelijoina, koneenkuljettajina ja erityissuunnittelijoina Suomessa tai Ruotsissa. He olivat käyttäneet kosteusindeksikarttoja joitakin vuosia. Useimmat ammatillaiset vastasivat kyselyyn ajatellen karttojen soveltuvuutta harvennus- ja uudistamishakkuutilanteisiin. Yleisesti he olivat sitä mieltä, että kartat toimivat hyvin ja ovat hyödyllisiä. Tosin joillakin alueilla karttojen todettiin olevan epätarkkoja. Nämä alueet olivat turvemaita ja tasaisia alueita.

Ammatillaiset käyttivät kosteusindeksikarttoja ennakkosuunnitteluun ja metsäkoneissa toimenpiteiden toteutuksen yhteydessä. Yhdessä esimerkkitalanteessa kartan avulla arvioitiin, saattoiko hakkuutahteen korjata pois vai oliko se tarpeen jättää suojaamaan maaperää. Karttoja käytettiin myös tieverkoston, uomien ylitysten ja varastopaikkojen suunnitteluun, monimuotoisuuden suojeluun sekä helpojen ja vaikeiden korjuukohteiden tunnistamiseen.

Kosteusindeksikarttojen havaittiin helpottavan kokoojaurien suunnittelua ja ne mahdollistivat suunnittelun käynnistämisen jo ennen hakkuuta. Maastosuunnittelu oli tehokkaampaa, kun huonosti kantavat alueet voitiin tunnistaa ennakkoon kosteusindeksikartoilta. Ajouraverkoston suunnittelu saatettiin keskittää kantaville maille.

Metsäammattilaiset ehdottivat, että kosteusindeksikarttoja voisi kehittää lisäämällä niihin tietoa alueen hydrologiasta, maalajista, puustosta, puuston iästä, kuvion rajoista, puiden juuribiomassasta ja korkeuskäyristä. Lisäksi ehdotettiin, että karttoihin lisätään toiminto, joka ottaa huomioon paikallista sää- tai sadantatietoa.

Alla on esitetty metsäammattilaisten kommentteja, jotka kirjoittajat ovat editoineet ja kääntäneet.

Esimerkkejä siitä miten kosteusindeksikarttoja käytetään:

”Kun saavun kohteelle, avaan kosteusindeksikartan ja tarkistan rinteiden sijainnin. Tarkastelen vuorotellen ilmakuvia ja kosteusindeksikarttoja.”

”Kun saan tiedot hakkuualasta, käynnistän kosteusindeksikartan ja tarkistan korkeuskäyrien sijainnin. Siitä saa hyvän yleiskäsityksen alueesta.”

”Avaan kosteusindeksikartan ennen kuin menen maastoon suunnittelemaan. Maastossa tarkistan kosteusindeksikartan oikeellisuuden. Joskus otan mukaan paperiversion kartasta, mutta usein kartta on minulla muistissa. Kun palaan toimistolle, päivitän kosteusindeksikartan ja varmistan, että informaatio on metsäkoneiden käytettävissä.”

”Yritän välttää kartan kosteita alueita niin paljon kuin mahdollista. Yritän sijoittaa kokoojaurat korkeimmille paikoille ja purojen ylitykset sinne missä kostea alue puron varressa on kapeimmillaan.”

”En suunnittele operaatioita kosteusindeksikartan sinisille alueille tai alueille, joita siniset alueet ympäröivät.”

”Kun suunnittelen, käynnistän kosteusindeksikartan ja määritän minne kokoojaurat, puronylitykset jne. tulisi sijoittaa. Koneenkuljettajat käyttävät kosteusindeksikarttoja ja ovat niihin

tottuneet. Vierailen suunnittelualueella ja laitan merkintöjä maastoon ja tarvittaessa tarkistan tilanteen maanäytekairan avulla. Mielestäni suunnittelua ei voi vielä tehdä pelkästään toimestossa. Hyvä lopputulos edellyttää maastokäyntiä.”

”Teen ennakkosuunnittelun toimestossa. Sen jälkeen menen maastoon ja vertaan kosteusindeksikartan informaatiota siihen mitä näen maastossa. Kiinnitän huomiota maalajiin, pintakasvillisuuden koostumukseen ja maaston topografiaan. Varastoalueita ei suunnitella sinne missä kosteusindeksikartalla on tummansinistä. Kokooja-uria ei suunnitella sinisille alueille, ja jos muita uria joudutaan suunnittelemaan sinisille alueille, niitä käytetään vain kerran.”

Kosteusindeksikartoilla on sinisiä alueita – millaisiin toimenpiteisiin ryhdyt?

”Niin vähän ajoa sinisillä alueilla kun mahdollista. Hakkuutähdettä käytetään maaperän suojelemaan jos ajamista ei voi välttää.”

”Ei ajeta sinisillä alueilla. Jos kostean alueen ylitys on tarpeen, etsitään sopivin kohta.”

”Kaikilla kosteilla alueilla liikkumista ei voi välttää, mutta silloin käytetään peruutusuria tai muita tarpeellisia toimenpiteitä.”

”Korjuukoneen tulee kulkea vain kerran sinisellä alueella.”

Mikä on paras neuvosi sille, joka vasta aloittaa kosteusindeksikarttojen käytön?

”Opettele karttojen käyttö maastossa ja vertaa karttaa siihen mitä näet maastossa.”

”Ala vain käyttämään niitä luottavaisin mielin. Ne ovat hyödyllisiä kohdentamaan maastotyö potentiaalisiin ongelmakohtiin.”

”Tarkista siniset alueet löytääksesi parhaat uralinjaukset. Jos joudut ylittämään sinisiä alueita, varmista, että kuljettava alue on mahdollisimman lyhyt.”

”Käytä aikaa ymmärtääksesi mihin kokoojaurat tulisi sijoittaa, jotta kosteassa maastonkohdassa niihin voi lisätä lyhyet peruutusurat.”

”Katso karttaa ennen puunkorjuun aloittamista, sillä suunnitelmissa on usein virheitä.”

”Sama merkintä voi merkitä eri asioita eri maalajeilla. On tärkeä kalibroida kartan tulkinta maastokäynnillä.”

”Älä täysin luota karttaan. Mutta toisaalta vältä käyntiä alueilla, jotka on helppo tulkita kartalta.”

”Yritä ajaa vain korkeammilla alueilla ja vältä sinisiä alueita.”

6. Kosteusindeksikarttojen saatavuus Suomessa

DTW-kartat ovat saatavilla lähes koko Suomesta seuraavista lähteistä:

- Luken Open Data -palvelussa: <https://opendata.luke.fi/dataset/kosteusindeksi>
- Karttapalveluna Suomen Metsäkeskuksen paikkatietopalvelussa: <https://www.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=9fff2da9d8ed48deb2f28e4ae629bba0>
- Paituli-paikkatietopalvelusta: <https://avaa.tdata.fi/web/paituli/latauspalvelu>
- Viite aineistoon ja metadatakuvaus: Salmivaara, A. (2020). DTW-kosteusindeksikartta, 2m, CSC – Tieteen tietotekniikan keskus Oy, <http://urn.fi/urn:nbn:fi:att:3403a010-b9d0-4948-8f9f-2bc4ca763897>

Tätä julkaisua varten kartat on saatu käyttöön:

- DTW CC 4.0 Luke, Luonnonvarakeskus, ladattu 1.8.2020, (kansikuva ja kuvat 2, 3, 5A–D, 6, 9, 10, 17–21)
- Ilmakuvat CC 4.0 MML, Maanmittauslaitos, ladattu 1.8.2020, (kansikuva ja kuvat 5B, 5D, 6, 17–21)
- Korkeusmalli, grid 2+ ©The Swedish mapping, cadastral and land registration authority, (kuvat 12, 26)
- Kuviorajat, vektoriaineisto, ©Suomen metsäkeskus ladattu 1.8.2020, (kansikuva ja kuvat 6, 10, 17–21)
- Uomaverkostot ©Luke, Luonnonvarakeskus, (kuva 3)
- Vinaloavarjostekartta, 2 m, rasteriaineisto, CC 4.0 MML, Maanmittauslaitos, Maastotietokanta, ladattu 1.8.2020, (kuvat 3, 5C, 5D, 9, 10)
- Virtaaman kertymä (Flow accumulation) ©Department of Forest Ecology and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, (kuvat 12, 26)

Viitteet ja lisätietoja

- Ågren, A.M., Lidberg, W. & Ring, E. 2015. Mapping temporal dynamics in a forest stream network—implications for riparian forest management. *Forests* 6: 2982–3001.
- Ågren, A.M., Lidberg, W., Strömgren, M., Ogilvie, J. & Arp, P.A. 2014. Evaluating digital terrain indices for soil wetness mapping—a Swedish case study. *Hydrology and Earth System Sciences* 18: 3623–3634.
- Kuglerová, L., Ågren, A., Jansson, R. & Laudon, H. 2014. Towards optimizing riparian buffer zones: Ecological and biogeochemical implications for forest management. *Forest Ecology and Management* 334: 74–84.
- Laudon, H., Kuglerová, L., Sponseller, R.A., Futter, M., Nordin, A., Bishop, K., Lundmark, T., Egnell, G. & Ågren, A.M. 2016. The role of biogeochemical hotspots, landscape heterogeneity, and hydrological connectivity for minimizing forestry effects on water quality. *Ambio* 45: 152–162.
- Lidberg, W., Nilsson, M. & Ågren, A. 2020. Using machine learning to generate high-resolution wet area maps for planning forest management: A study in a boreal forest landscape. *Ambio* 49: 475–486.
- Murphy, P.N.C., Ogilvie, J. & Arp, P. 2009. Topographic modelling of soil moisture conditions: a comparison and verification of two models. *European Journal of Soil Science* 60: 94–109.
- Murphy P.N.C., Ogilvie J., Castonguay M., Zhang C., Meng F.R. & Arp P.A. 2008. Improving forest operations planning through high-resolution flow-channel and wet-areas mapping. *Forestry Chronicle* 84(4): 568–574.
- Murphy, P.N.C., Ogilvie, J., Connor, K. & Arp, P.A. 2007. Mapping wetlands: A comparison of two different approaches for New Brunswick, Canada. *Wetlands* 27: 846–854.
- Ring, E., Andersson, E., Armolaitis, K., Eklöf, K., Finér, L., Gil, W., Glazko, Z., Janek, M., Lībiete, Z., Lode, E., Małek, S. & Piirainen, S. 2019. Hyvät käytännöt suojavyöhykkeiden muodostamiseen vesistöjen varsille Itämeren alueella – Käsikirja. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 23 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-715-2>
- Ring, E., Ågren, A., Bergkvist, I., Finér, L., Johansson, F. & Högbom, L. 2020. A Guide to using wet area maps in forestry. Arbetsrapport 1051–2020. 36 s.
- Salmivaara, A. Cartographic Depth-to-Water (DTW) index map, 2m, 2020, CSC – IT Center for Science Ltd. <https://etsin.fairdata.fi/dataset/6169811e-1f16-452b-ad6d-efec78fc51f2>



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Latokartanonkaari 9
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000